

2019 年（第六届）全国大学生统计建模大赛

我国省域高质量的空间趋同
及其与高等教育水平的耦合关系的研究

学 校	中南大学
队员姓名	柯宝芳
	陈建国
	赵 霞

目 录

摘 要	1
一、前言	1
(一) 研究背景及意义.....	1
(二) 文献综述.....	2
二、基于全要素生产率的省域高质量发展的测算.....	3
(一) SBM-undesirable 模型的建立	3
(二) 指标体系的构建.....	4
(三) 实证结果.....	5
三、经济高质量发展趋同效应研究	5
(一) 基于马尔可夫随机过程的空间趋同效应.....	5
(二) 数据选取与实证分析.....	8
四、经济高质量发展与高等教育水平耦合分析.....	11
(一) 中国省域高等教育水平测度.....	11
(二) 基于灰色关联法的系统耦合模型.....	16
(三) 数据选取与实证分析.....	18
五、结论与建议	22
参考文献	24
附 录.....	26

表格和插图清单

表 1	全要素生产率指标体系.....	4
表 2	全国各省市全要素生产率指数及排名表.....	5
表 3	传统马尔可夫链状态转移矩阵 (N=4).....	6
表 4	空间马尔可夫过程的状态转移矩阵 (N=4)	8
表 5	四个完备状态划分.....	9
表 6	31 个省、市、自治区空间滞后类型表格.....	9
表 7	传统马尔可夫链状态转移矩阵.....	10
表 8	空间马尔可夫链状态转移矩阵.....	10
表 9	高等教育质量指标.....	11
表 10	全国各省市高等教育指数及排名表.....	14
表 11	耦合判断标准表格.....	17
表 12	2009-2016 各省、市、自治区系统耦合度	19
图 1	全国各省市高等教育指数图.....	15
图 2	全国各省市全要素生产率分布图.....	16
图 3	全国各省市高等教育发展水平分布图.....	16
图 4	2009-2016 年八大经济区域的系统耦合度	20

摘 要

为了增加人民群众的获得感,我国必须要从经济的粗放发展阶段转向经济的高质量发展阶段。因此,深入研究经济高质量发展的规律、特点及其影响因素就变得尤为重要。另外,一个地区高等教育的发展水平一定程度上反映了这个地区的人才竞争力,人才的竞争力对一个地区科学技术及经济高质量的发展状况等方面起着决定性作用。因此深入分析经济高质量发展和地区高等教育发展水平的关系也就势在必行。

首先,为了全面客观地衡量经济高质量发展状况,综合考虑工业污染治理投资、工业企业 R&D 经费、地方财政支出、就业人员工资总额、全社会固定资产投资等投入指标;在产出指标的构建中,除了考虑传统的 GDP 作为期望产出指标外,还加入了废气、废水等非期望产出指标。建立 SBM-undesirable 模型,计算全要素生产率并进行分析后发现,东部沿海地区的高质量发展水平明显高于中西部地区,在总体上,高质量发展水平呈现由西至东递增的趋势。

其次,基于我国各省域的经济高质量发展水平,本文分析了经济高质量发展的空间趋同效应。在这个过程中,本文通过对传统马尔科夫链的分析,发现各省市的全要素生产率的发展是一个相对稳定的过程。随后,通过研究加入空间滞后因子的空间马尔科夫链来分析经济高质量发展的地区趋同现象,发现若某省市与全要素生产率较低的省市为邻,则其向上转移的概率会降低,向下转移的可能性将提高,反之,则会受到邻近省市正辐射作用,向上转移的可能性将提高。

再次,对各地区高等教育发展水平指数进行构建。在因子分析的基础上,采用不受主观赋权影响的熵赋权法求得了 2009 到 2016 年间全国 31 个省级行政区的高等教育发展水平指数。结果显示,高等教育发展水平基本与经济高质量发展的结果类同:整体呈现由西至东,高等教育水平越来越高。

最后,基于灰色关联法,建立经济高质量发展水平和高等教育发展水平的系统耦合模型。求出不同地区、不同时间的耦合系数,发现其基本稳定在 0.7 左右,有较高的耦合度。经济发达的南部沿海、东部沿海地区和经济落后的大西北地区经济高质量发展水平和高等教育发展水平高度耦合,其余发展一般的地区的耦合度相对较低,但仍有 0.66 左右的耦合度,有较强的相关关系。

综合上述分析,为实现全国经济高质量发展,我国应努力实现区域的协调发展,并激励高等教育的发展。

关键词: 经济高质量发展, 高等教育, 空间趋同, 耦合

一、前言

（一）研究背景及意义

习近平总书记在党的十九大报告中指出：“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”。高质量发展是未来中国经济发展的目标。改革开放以来中国经济持续高速增长，进入中国特色社会主义新时代以来，原有推动中国经济高速增长的因素和经济发展形势已经发生了很大变化，调整经济增长模式迫在眉睫。^[1] 因此，深入分析我国当前各地区经济高质量发展的状况，并进一步探求经济高质量发展的空间特点是十分重要的。

当前很多研究表明，区域经济发展是否协调直接关系到一个国家经济高质量发展的状况。我国实行区域协调发展战略，其具体内容为：积极推进西部大开发，振兴东北地区等老工业基地，促进中部地区崛起，鼓励东部地区率先发展，继续发挥各个地区的优势和积极性，通过健全市场机制、合作机制、互助机制、扶持机制，逐步扭转区域发展差距拉大的趋势，形成东中西相互促进、优势互补、共同发展的新格局。本文从我国省域经济高质量发展的趋同现象入手，为区域协调发展战略提供理论支撑。

另一方面，高等教育水平与地方的高质量经济发展有着密切联系，二者相互影响。二者的耦合机理具体表现为：

1. 地方经济发展质量对高等教育的影响

地方经济发展质量与水平影响公众对高等教育的教育经费投入，地方经济越是发达，恩格尔系数越小，国民对教育的投入越多；同时，地方经济水平直接影响到高校毕业生就业状况。地方经济发展越好，对劳动力的需求就越大，大学生就业的前景也就越好。

2. 高等教育对地方经济发展质量的影响

高等教育为地方知识经济提供人力资源和技术创新两大支柱，为地方经济发展提供动力源；其次，基于教育启动消费论的观点，地方可以通过高等学校的扩张和增加个人对高等教育的投入，在短期内形成一个经济发展新的增长点；再者，高等教育院校作为新型工业化道路上领军力量，带动地方高新技术产业的发展；最后，高等教育院校的基建投资刺激了当地的经济增长，形成有力的助推器。

因此，本文将探究高等教育水平与高质量发展的关系，深入分析高等教育

领域在高质量发展目标中的重要程度。研究结论将有助于我们深入了解高等教育的重要性，并为决策者决策提供参考。^[2]

（二）文献综述

从国内对高质量发展的研究角度与方法来看，有较多的学者主要就经济高质量发展的理论进行深入探究。就经济高质量发展测度的研究来看，指标体系建立所基于的理论有所不同。胡溪等人分析环境统计工作中数据、指标选取上存在不足^[3]；董春风等人则以全要素生产率作为衡量高质量发展水平指标，用永续盘存法处理投入指标中的物资资本^[4]；王振华等人从产业间全要素生产率差异的角度测算县域结构红利^[5]；华坚等人从经济创新发展、协调发展、绿色发展、开放性发展、共享性发展五个方面构建相应的指标体系，并采用时序全局因子分析法测算我国内地地区高质量发展水平^[6]；师博等人从发展基本面、发展的社会成果、发展的生态成功三个维度构建指标体系，遵循干春晖等的测算技术，使用三次产业的产出比重和就业人口比重数据计算基于城市上次产业发展的泰尔指数，以标准值与泰尔指数差值反映经济发展的合理化程度^[7]。总的来说，就经济高质量发展的指标构建，国内暂时没有形成统一权威的标准。

从全要素生产率角度上看，数量上研究全国的全要素生产率较多，趋势上国内外研究着眼于具体的产业、行业进行全要素分析的研究增加。总体来说，不同的角度、不同的领域下全要素生产率研究差异较大^[8]，研究全要素生产率的理论方法较为完善。核算全要素生产率的研究方法可分为增长会计法和经济计量法两大类。增长会计法是基于新古典增长理论，将经济增长中要素投入贡献剔除掉，从而得到全要素生产率增长的估算值，其本质是一种指数方法。后来提出的经济计量方法，通过借助各种经济计量模型和计量工具来估算出全要素生产率，包括隐性变量法和潜在产出法等^[9]。Tone^[10]首先提出基于非期望产出的SBM模型测算生态效率，该模型能有效解决径向和角度的DEA模型的投入要素造成的“拥挤”或“松弛”现象；董春风等人基于SBM-Malquist指数模型测算全要素生产率^[4]；高睿璇等人基于索洛余值对全要素生产率进行测算^[8]；。

从空间上的分布来看，我国各个省域的经济的高质量发展在空间上存在一定的趋同效应。具体表现为，相邻的地区之间借助地理优势与特点，通过加强与周边地区的合作，利用周边发展较快地区的带来的资源红利，促进自身地区的经济水平的发展。就空间趋同效应的分析，钟彦琰等人^[11]建立空间计量模型研究全国地级市高质量发展的趋同；Quah（1993）提出了基于马尔可夫链原理的区域增长的时间演变模型。传统的马尔科夫链主要通过构造状态转移矩阵来对未来事件发生的概率进行预测，其中马尔科夫链的“无后效性”特点适用于经

济的发展过程。陶晓红等人^[12]根据中国区域经济的空间依赖性和时间上的自相关性，在传统的马尔可夫链中加入空间效应，构造空间马尔科夫链，进行经济的空间趋同分析；侯孟阳等人^[13]基于中国各省的面板数据对中国农业生产效率时空演变进行分析，解释了农业上“俱乐部趋同”现象。

对于经济高质量发展的因素探究与方法，高睿璇等人运用塞尔奎因分解山东省全要素生产率，从技术变动和产业结构两个方面分析全要素生产率变动原因^[8]；刘思明等人通过面板数据模型检验国家创新驱动力对于经济高质量发展效率性的影响^[14]；王喜峰等人基于投入产出模型构建东北三省可比价非竞争混合投入产出模型，探究水资源承载力与经济安全、高质量发展的关系^[15]；华坚等人基于灰色关联模型，构建区域科技创新系统与经济高质量发展系统之间的耦合协调度评价模型^[6]。

就高等教育与高质量发展关系研究，李英杰等人从理论上分析高等教育与地方经济的关系，明确指出高等教育与地方经济的相互影响作用^[2]；刘云生提出，在经济转向高质量发展阶段，要让教育“超前布局引领型人才培养，居经济之先牵引高质量发展；深度融入知识型产业体系建设，居经济之后驱动高质量发展；适度参与人才资本服务市场，居经济之内构筑高质量发展；充分彰显本真价值的教育尺度，居经济之外丰富高质量发展；深入推动教育质量性变革，居经济之侧共振高质量发展”^[16]。

本文吸收国内文献中对高质量发展的指标体系构建参考因素，基于全要素生产率构建经济高质量发展指标体系。已有的文献对经济等指标进行空间上的趋同效应，但目前基于马尔科夫链对经济高质量发展的时空演变研究较少；同时，就省域经济高质量发展的因素分析角度，探究高等教育与经济高质量发展关系的文献较少。

相比已有的研究，本文将利用马尔可夫模型对我国省域的经济高质量发展水平进行空间趋同分析；同时就经济高质量与高等教育的关系进行耦合分析。

二、基于全要素生产率的省域高质量发展的测算

（一）SBM-undesirable 模型的建立

超效率 SBM 模型是结合了超效率 DEA 模型和 SBM 模型的一种模型，其综合了两种模型的优势，相比一般的 SBM 模型，超效率 SBM 模型能够进一步区分有效率为 1 的 DMU 之间的差异。模型构建如下：

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\bar{x}/x_{ik})}{\frac{1}{r_1+r_2} (\sum_{s=1}^{r_1} \bar{y}^d / y_{sk}^d + \sum_{q=1}^{r_2} \bar{y}^u / y_{qk}^u)} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n x_{ij} \lambda_j; \bar{y}^d \leq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{sj}^d \lambda_j; \bar{y}^d \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{qj}^d \lambda_j; \\ \bar{x} \geq x_k; \bar{y}^d \leq y_k^d; \bar{y}^u \leq y_k^u \\ \lambda_j \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n, j \neq k; s = 1, 2, \dots, r_1; q = 1, 2, \dots, r_2; \end{cases} \quad (2)$$

其中，n 表示有 n 个 DMU，每个 DMU 由投入 m，期望产出 r_1 和非期望产出 r_2 构成； x 、 y^d 、 y^u 为相应的投入矩阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵中的元素， ρ 为全要素生产率。

（二）指标体系的构建

本文以全国 31 个省市（直辖市、自治区，不包括港澳台）作为研究对象，以 2011 至 2017 作为研究区间，运用 SBM-undesirable 模型，测算其全要素生产率。本文所用高质量发展相关数据均来源于《国家统计局》。具体的投入产出指标见表 1。

表 1 全要素生产率指标体系

指标分类	指 标 名 称	单位
投入	工业污染治理投资	万元
	工业企业 R&D 经费	万元
	地方财政支出	亿元
	就业人员工资总额	亿元
	全社会固定资产投资	亿元
期望产出	地区生产总值（GDP）	亿元
非期望产出	废水排放总量	万吨
	废气排放总量	吨

考虑到各数据的重要性及可获取性，选取全社会固定资产投资、地方财政支出及工业企业 R&D 经费为资本投入，就业人员工资总额为劳动投入，工业污染治理投资为环境投入，GDP 为期望产出，废气、水排放总量为非期望产出。

（三）实证结果

以 2011-2017 年 16 年的数据作为样本期，基于 SBM-undesirable 模型测算我国省域高质量发展情况。由 DEA-SOLVER Pro5.0 软件运行结果可得，从投入产出的角度来看，我国的高质量发展较为乏力。为了对每个省的高质量发展水平高低有直接比较，我们消除各年偶然因素，对各年的得分进行了平均，求得各地区指数得分见表 2。

表 2 全国各省市全要素生产率指数及排名表

DMU	指数	名次	DMU	指数	名次
西藏自治区	8.71	1	福建省	1.03	17
北京市	1.33	2	黑龙江省	1.01	18
广东省	1.32	3	云南省	0.99	19
海南省	1.26	4	重庆市	0.97	20
四川省	1.14	5	浙江省	0.94	21
上海市	1.08	6	新疆维吾尔自治区	0.94	22
河北省	1.07	7	湖北省	0.92	23
湖南省	1.06	8	江西省	0.89	24
江苏省	1.06	9	贵州省	0.87	25
辽宁省	1.06	10	青海省	0.86	26
吉林省	1.06	11	天津市	0.83	27
山东省	1.05	12	安徽省	0.75	28
河南省	1.05	13	陕西省	0.74	29
内蒙古自治区	1.04	14	山西省	0.74	30
广西壮族自治区	1.04	15	甘肃省	0.66	31
宁夏回族自治区	1.03	16			

从表 2 中可以看出，像北京、广东省、海南省、四川省、上海等中部偏沿海地区的高质量发展水平明显高于中西部省份；五大自治区也由于国家政策等原因，高质量水平发展程度较为分散，其余中西部地区的发展则不尽如人意。

三、经济高质量发展趋同效应研究

（一）基于马尔可夫随机过程的空间趋同效应

经济高质量发展水平在空间上存在趋同效应。本文将基于马尔可夫链，通

过比较传统马尔可夫链与空间马尔可夫链进行经济高质量发展的趋同分析。

1. 传统马尔可夫链

本文传统马尔可夫链状态转移矩阵具体构建的步骤如下：

① 根据各年各个地区全要素生产率划分状态

利用分位点法分别对各个年度下各个地区的全要素生产率划分为 N 个状态，状态 $1, 2, \dots, N$ 的全要素生产率水平依此提高。在各个年份下对各个地区状态划分完毕后，可以得到关于各年份下各个省的状态的面板数据。

② 构建状态转移矩阵

基于上述状态面板数据，对状态转移概率 P_{ij} 进行最大似然估计。

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (3)$$

其中， n_{ij} 为各个地区从在相邻的两个时间 t 和 $t+1$ ，状态 X_t 由 i 转移至 X_{t+1} 下的 j 状态的次数， n_i 为 $X_t = i$ 的次数。其中 P_{ij}, i, j 满足关系：

$$\sum_j P_{ij} = \sum_j P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = 1, t \in T \quad (3)$$

由此构建状态转移矩阵^[17]见下表 3。

表 2 传统马尔可夫链状态转移矩阵 (N=4)

$X_{t+1} \backslash X_t$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}
4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}

2. 空间马尔可夫链

空间马尔可夫模型则是在传统马尔可夫基础上引入空间滞后。由于空间上各个地区的经济发展并不独立，相邻地区之间的经济发展相互联系，因此考虑空间滞后具有重要意义。

建立空间马尔可夫链下的状态转移矩阵具体步骤如下：

① 建立空间权重矩阵

根据各个地区是否相邻为原则进行权重确定。

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ 与 } j \text{ 相邻} \\ 0 & i \text{ 与 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (5)$$

当地区选择为我国 31 个省、市、自治区时，按照上式的权重构造规则，可以得到 31x31 的对称矩阵。

② 计算空间滞后值

$$b_i = \sum_j W_{ij} a_j / n \quad (6)$$

根据得到的初始年份的各个地区的全要素生产率 a_i ，结合上述的空间滞后权重矩阵，对与地区 i 相邻的地区的要素生产率取平均，得到空间滞后值 b_i 计算公式为：

其中 n 为固定地 i 下， W_{ij} 取值为 1 的地区数量。

③ 划分空间滞后状态

仍然用分位点法，按照得到的各个地区的空间滞后值给地区分为 K 个空间滞后状态，空间滞后状态由 $1, 2, \dots, K$ ，对应的空间滞后值依此增加。

④ 空间滞后状态下的状态转移矩阵

对于划分的 K 个空间滞后状态，按照传统的马尔可夫链状态转移矩阵的处理方法，得到 K 个 $N * N$ 的状态转移矩阵，见表 4。

表 3 空间马尔可夫过程的状态转移矩阵 (N=4)

空间滞后状态	$X_t \backslash X_{t+1}$	1	2	3	4
1	1	$P_{11/1}$	$P_{12/1}$	$P_{13/1}$	$P_{14/1}$
	2	$P_{21/1}$	$P_{22/1}$	$P_{23/1}$	$P_{24/1}$
	3	$P_{31/1}$	$P_{32/1}$	$P_{33/1}$	$P_{34/1}$
	4	$P_{41/1}$	$P_{42/1}$	$P_{43/1}$	$P_{44/1}$
...	1	$P_{11/k}$	$P_{12/k}$	$P_{13/k}$	$P_{14/k}$
	2	$P_{21/k}$	$P_{22/k}$	$P_{23/k}$	$P_{24/k}$
	3	$P_{31/k}$	$P_{32/k}$	$P_{33/k}$	$P_{34/k}$
	4	$P_{41/k}$	$P_{42/k}$	$P_{43/k}$	$P_{44/k}$
K	1	$P_{11/K}$	$P_{12/K}$	$P_{13/K}$	$P_{14/K}$
	2	$P_{21/K}$	$P_{22/K}$	$P_{23/K}$	$P_{24/K}$
	3	$P_{31/K}$	$P_{32/K}$	$P_{33/K}$	$P_{34/K}$
	4	$P_{41/K}$	$P_{42/K}$	$P_{43/K}$	$P_{44/K}$

其中, $P_{ij/k}$ 为第 k 个空间滞后状态下由状态 i 转移至状态 j 的概率。

(二) 数据选取与实证分析

1. 数据选取

本文选取基于 2011-2017 年我国 31 个省、市、自治区的经济高质量发展投入产出指标体系的全要素生产率构造传统马尔可夫状态转移矩阵和空间马尔可夫状态转移矩阵。

2. 实证分析

本文根据 2011-2017 年我国 31 个省、市、自治区的全要素生产率, 按照分位数法将全要素生产率水平分为四个完备状态。具体划表 5 所示:

表 4 四个完备状态划分

年份	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
2011	[0.6646,8525)	[0.8548,1.0158)	[1.0194,1.0566)	[1.0651,11.8211]
2012	[0.6340,0.8528)	[0.9032,1.0267)	[1.0372,1.0717)	[1.0752,6.9014]
2013	[0.6223,0.8262)	[0.8581,1.0120)	[1.0125,1.0749)	[1.0979,5.6477]
2014	[0.6533,0.8765)	[0.9305,1.0325)	[1.0342,1.0818)	[1.0833,8.8608]
2015	[0.6447,0.8712)	[0.9999,1.0247)	[1.0351,1.0687)	[1.0803,9.2963]
2016	[0.5794,0.8602)	[0.8778,1.0466)	[1.0495,1.0950)	[1.1086,7.9515]
2017	[0.7285,1.0070)	[1.0075,1.0488)	[1.0497,1.0797)	[1.0976,10.4936]

由此得出的传统马尔可夫状态转移矩阵，见表 7。

在传统马尔可夫链上引入空间滞后，根据我国 31 个省、市、自治区地理上是否相邻赋予权重，并根据相接的省份数量取平均，最后得到各个省份的空间滞后值。其中，由于海南省位置特殊，地理上没有与海南省土壤相邻的省份，近似认为广东省为海南省的相邻省份。再依据空间滞后值的大小，给各个省份分为四个空间滞后状态。分类结果见表 6。

表 5 31 个省、市、自治区空间滞后类型表格

地区	空间滞后类型	地区	空间滞后类型
宁夏	1	安徽	3
湖北	1	河北	3
内蒙古	1	广西	3
重庆	1	上海	3
河南	1	江西	3
甘肃	1	黑龙江	3
北京	1	山东	3
西藏	1	辽宁	4
陕西	2	福建	4
山西	2	海南	4
吉林	2	天津	4

湖南	2	四川	4
江苏	2	青海	4
浙江	2	云南	4
广东	2	新疆	4
贵州	2		

依据空间滞后类型划分，分别对每种空间滞后类型构造传统的马尔可夫的状态转移矩阵，见表 8。

3. 中国全要素生产率的空间演变特征

随着经济的发展，各生产要素之间的空间流动性越来越频繁，邻近省市之间的空间联系越发紧密、区位效应越发显著。为深入了解不同省市之间在有空间因素影响下全要素生产率的情况，构建马尔可夫链状态转移矩阵。

表 6 传统马尔可夫链状态转移矩阵

	1	2	3	4
1	0.7500	0.1875	0.0625	0.0000
2	0.1458	0.4583	0.3125	0.0833
3	0.0952	0.3095	0.4048	0.1905
4	0.0208	0.0833	0.1458	0.7500

从传统马尔可夫概率矩阵（表 7）中可以看出，我国各省市的全要素生产率不发生转移的概率最大；对角线两端的类型保持稳定的概率最大，皆为 75%，即全要素生产率存在向低水平和高水平状态收敛的趋向，亦称“俱乐部收敛”；跨越式转移的概率较小，且跨越的阶段越多，概率越小，如 $P_{11} = 0.75 > P_{12} = 0.1875 > P_{13} = 0.0625 > P_{14} = 0.0000$ ，即各省市的全要素生产率的发展是一个相对稳定的过程。

表 7 空间马尔可夫链状态转移矩阵

空间滞后状态	$X_t \backslash X_{t+1}$	1	2	3	4
		1	2	3	4
1	1	0.8000	0.2000	0.0000	0.0000
	2	0.2000	0.3000	0.2000	0.3000
	3	0.0769	0.3077	0.6154	0.0000
	4	0.0667	0.0667	0.0667	0.8000
2	1	0.8235	0.1176	0.0588	0.0000
	2	0.1429	0.5714	0.2857	0.0000
	3	0.0000	0.2000	0.2000	0.6000
	4	0.0000	0.2500	0.0000	0.7500

3	1	0.8000	0.1000	0.1000	0.0000
	2	0.1111	0.2222	0.6667	0.0000
	3	0.1333	0.2667	0.3333	0.2667
	4	0.0000	0.0000	0.6250	0.3750
4	1	0.6000	0.3000	0.1000	0.0000
	2	0.0909	0.6364	0.1818	0.0909
	3	0.1250	0.3750	0.3750	0.1250
	4	0.0000	0.0000	0.0769	0.9231

表 8 为“俱乐部收敛”现象的存在提供了空间意义上的解释，即若某省市与全要素生产率较低的省市为邻，则其向上转移会受到抑制，向下转移的可能性将提高，而若是与全要素生产率较高的省市为邻，则会受到邻近省市正辐射作用，向上转移的可能性将提高，即“俱乐部收敛”。

四、经济高质量发展与高等教育水平耦合分析

（一）中国省域高等教育水平测度

1. 指标选取

通过对各省高等教育的分析，我们将与高等教育质量有关的指标罗列出来，见表 9。

表 8 高等教育质量指标

指标分类	指标选取
高等教育规模	985 高校人均数量
	211 高校人均数量
	普通高校人均数量
	每年新生人均数量
	每年毕业生人均数量
	每年国家经费人均投入量
	每年地方政府经费人均投入量
高等教育质量	每年社会力量人均捐助量
	教职工人均数量
	高校 SCI 论文人均收入量
	高校科技成果人均转化量
高等教育成果	高校毕业生人均薪资水平
	高校发明技术人均专利数
	高校获省级以上人均奖励数

通过 SPSS 软件对各项指标进行主成分分析后，选取特征值明显的普通高等学校招生数(万人)、普通高等学校教职工总数(万人)、教育经费（万元）三个指标作为构建中国省域高等教育水平指数的指标变量。

2. 基于熵权法的高等教育指数

① 熵权法概述：

当涉及指标数目较多时，传统的层次分析法计算权重容易出现混乱或过于集中，综合评价结果显然受专家主观判断影响。为解决这一问题，引入客观权重的计算方法——熵权法，这种方法可以综合考虑原始指标提供的所有信息量。

信息熵的含义：热力学概念“熵”最初是由物理学家克劳修斯提出的，用来描述热力学系统的无序混乱程度。后来，申农将其引入信息论——信息熵是离散随机事件的出现概率。根据信息论的基本原理，信息是系统有序程度的一个度量；而熵是系统无序程度的一个度量，二者绝对数值相等，但符号相反，即熵值的大小和系统的有序程度是反向变动的。

熵的一般定义为：如果系统处于 n 种状态，每种状态出现的概率为 P_i ($i=1, 2, 3\cdots, n$)。则系统的熵为：

$$E = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (7)$$

就高等教育质量的评估来说，如果某一指标相对于其他评估指标差异程度较小——信息的有序程度较低，说明该指标区分和评价绩效高低的作用也较小，对总能信息提供的信息就越小，对应的信息熵值较大；如果某一指标差异程度较大，说明该指标提供信息的有序程度较高，提供总体的信息就越多，对应的信息熵较小。^[18]

② 用熵权法构建指数过程

a. 其中有 n 个样本， m 个指标，将 x_{ij} 表示第 i 个样本的第 j 个指标的数值；

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (8)$$

b. 指标的标准化处理:

由于各项指标的计量单位并不统一, 因此在用它们计算综合指标前, 先要进行标准化处理, 即把指标的绝对值转化为相对值, 从而解决各项不同质指标值的同质化问题。

另外, 正向指标和负向指标数值代表的含义不同 (正向指标数值越高越好, 负向指标数值越低越好), 因此, 对于正向负向指标需要采用不同的算法进行数据标准化处理:

正向指标:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (9)$$

负向指标:

$$x_{ij} = \frac{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - x_{ij}}{\max \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (10)$$

归一化后的数据仍记为 x_{ij} ;

c. 计算第 i 项指标下第 j 个样本值占该指标的比重:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n \quad (11)$$

d. 计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -1/\ln(n) \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, j = 1, \dots, m \quad (12)$$

e. 计算各项指标的权重:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m 1 - e_j}, j = 1, \dots, n \quad (13)$$

f. 计算各样本的综合得分:

$$s_i = - \sum_{j=1}^m w_{ij} x_{ij}, i = 1, \dots, n \quad (14)$$

③ 数据实现与结果分析

我们从国家统计局网站上找到了从 2009 年到 2016 年七年的数据信息，通过 matlab 软件对各年的数据分别进行求解，其中程序代码如附录 1 所示。为了对每个省的高等教育水平高低有直接的比较，我们消除各年偶然因素，排除人口因素，对各年的得分进行了平均，求得各地区指数得分及排名情况见表 10。

表 10 全国各省市高等教育指数及排名表

省（市）	指数	名次	省（市）	指数	名次
北京市	34.41	1	黑龙江省	8.99	17
天津市	25.89	2	新疆维吾尔自治区	8.69	18
上海市	21.01	3	河北省	8.02	19
陕西省	13.22	4	湖南省	7.98	20
江苏省	11.90	5	海南省	7.87	21
广东省	11.82	6	河南省	7.76	22
浙江省	11.61	7	甘肃省	7.49	23
吉林省	11.35	8	安徽省	7.32	24
辽宁省	11.12	9	四川省	7.32	25
内蒙古自治区	10.41	10	广西壮族自治区	6.85	26
湖北省	10.38	11	云南省	6.74	27
山西省	10.33	12	宁夏回族自治区	5.91	28
福建省	10.13	13	贵州省	5.79	29
江西省	9.61	14	青海省	3.62	30
重庆市	9.43	15	西藏自治区	0.76	31
山东省	9.24	16			

将数据用条形图的形式直观展示见图 1。

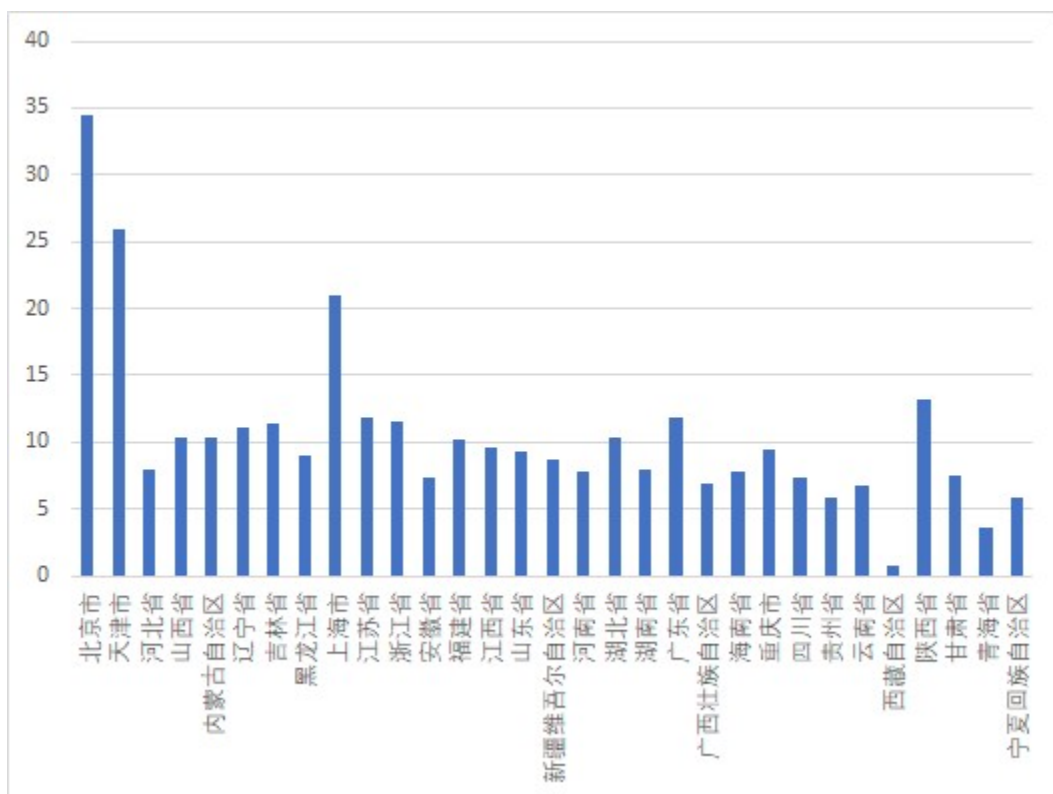


图 1 全国各省市高等教育指数图

从图 1 可以看出像北京、天津、上海的高等教育水平遥遥领先，其他等沿海发达省份，如江苏省、广东省、浙江省等地的高等教育水平明显高于中西部省份。

从各省市高等教育指数结果来看，北京的高等教育指数排名第一，与实际相符；四川省、湖北省等高等教育排名较低，与实际结果存在出入。分析其原因，由于部分指标较难获取，采用相关指标进行代替，如人均高校教育经费投入指标用人均教育经费代替，对于教育投入以高等教育为主的地区，人均教育经费偏低，而中小学教育教育经费投入也较多的地区最终的人均教育经费偏高。指标选取的偏差一定程度造成最终高等教育指数实证结果与实际不完全相符。

将全要素生产率及高等教育水平综合指标均分为四个等级，分别画出其全国分布图，见图 2、图 3。



图 1 全国各省市全要素生产率分布图

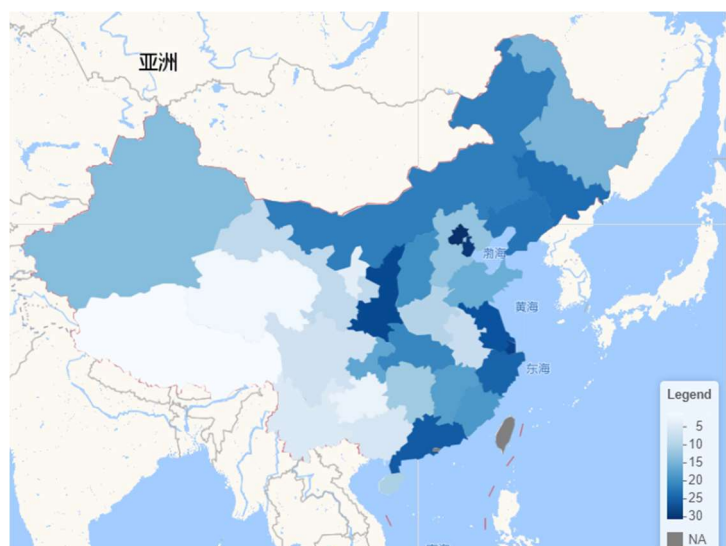


图 3 全国各省市高等教育发展水平分布图

由图 2 及图 3 可以看出，我国全要素生产率及高等教育水平的空间分布基本为由沿海至内陆、由东到西逐渐降低，故可考虑对全要素生产率及高等教育水平进行耦合分析。

（二）基于灰色关联法的系统耦合模型

引入物理学中的“耦合”概念，建立耦合模型，可以分析两个或两个以上的系统相互影响关系。

本文将借助灰色关联分析对经济高质量发展系统与高等教育水平系统进行耦合分析，对两个系统的关系进行量化分析。

1. 计算灰色关联系数

① 经济高质量发展指标体系

$$N(k) = \{ N_p(k) | k=1, 2, \dots, 31 \}, p=1, 2, \dots, 8$$

② 高等教育水平指标体系

$$K(k) = \{ K_q(k) | k=1, 2, \dots, 31 \}, q=1, 2, 3$$

其中 $N_p(k)$ 代表经济高质量发展中第 k 个省的第 p 个指标； $K_q(k)$ 代表高等教育水平中第 k 个省的第 q 个指标。

灰色关联系数计算公式如下：

$$\xi_{pq}(k) = \frac{\min_p \min_q |N_p(k) - K_q(k)| + \beta \max_p \max_q |N_p(k) - K_q(k)|}{|N_p(k) - K_q(k)| + \beta \max_p \max_q |N_p(k) - K_q(k)|} \quad (15)$$

其中 β 取值为 0.5。

利用公式（15）可以计算第 k 个省对应两个指标体系中的任意两个指标的灰色关联系数。

2. 计算耦合度

对于两个指标体系中任意两个指标的关联系数权重，本文采取等权重处理方式。因此，根据公式（1.2），可以计算出基于对第 k 个省的观测，经济高质量发展水平系统与高等教育水平系统的耦合度。

$$D(k) = \frac{1}{mn} \sum_{p=1}^8 \sum_{q=1}^3 \xi_{pq}(k) \quad (16)$$

其中，耦合度与其对应的耦合协调关系判断标准^[15]如表 11 所示。

表 9 耦合判断标准表格

耦合度	等级	耦合程度
-----	----	------

0	无关联	无耦合
0-0.35	低关联	弱
0.35-0.65	中等关联	中等
0.65-0.85	较高关联	较强
0.85-1	高度关联	极强
1	完全关联	完全耦合

(三) 数据选取与实证分析

1. 数据选取

本文选取 2009-2016 年我国内地 31 个省、市、自治区的经济高质量发展水平指标和高等教育水平指标，分别构建经济高质量发展水平系统和高等教育水平系统，并对上述面板数据进行无量纲处理。对于 2012 年高等教育指标体系中教育经费及 2010 年经济高质量发展指标体系中规模以上工业企业 R&D 经费（万元）的缺失，由于该二者指标在回归拟合程度较好，本文采取插值法进行缺失值处理，对于西藏自治区 2009-2010 年工业污染治理完成投资，由于时间序列数据的波动性巨大，各省、市、自治区在时间上也没有明显的同一性，因此对于该两处缺失值不做处理。另外，对经济高质量发展的指标体系中的非期望产出指标作逆向指标处理，其他指标作正向指标处理，具体的处理方法如下：

$$\text{正向指标: } N_p(k) = \frac{N_p'(k) - \min_l (N_p'(l))}{\max_{l,h} (N_p'(l) - N_p'(h))} \quad (17)$$

$$\text{逆向指标: } N_p(k) = \frac{\max_l (N_p'(l)) - N_p'(k)}{\max_{l,h} (N_p'(l) - N_p'(h))} \quad (18)$$

2. 实证结果

对 2009-2016 年间经济高质量发展系统指标与高等教育系统指标进行数据预处理后，由公式（17）-（18）进行两系统间的耦合度计算。从全国八个经济区域与全国的两系统耦合度的时间序列，本文对于经济高质量发展与高等教育

水平耦合结果从全国、经济区角度展开分析：

表 10 2009-2016 各省、市、自治区系统耦合度

区域	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
东北地区								
辽宁省	0.75	0.73	0.73	0.70	0.71	0.70	0.67	0.64
吉林省	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.65	0.66	0.64
黑龙江省	0.66	0.65	0.66	0.65	0.66	0.64	0.65	0.65
均值	0.69	0.68	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.64
北部地区								
北京市	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.57	0.59	0.58
天津市	0.73	0.73	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.71
河北省	0.66	0.65	0.67	0.70	0.70	0.69	0.70	0.65
山东省	0.65	0.65	0.67	0.67	0.64	0.63	0.62	0.62
均值	0.66	0.66	0.68	0.68	0.67	0.66	0.66	0.64
东部沿海								
上海市	0.66	0.67	0.64	0.64	0.64	0.64	0.67	0.66
江苏省	0.65	0.64	0.65	0.64	0.68	0.63	0.67	0.66
浙江省	0.79	0.77	0.79	0.82	0.86	0.89	0.87	0.85
均值	0.70	0.70	0.70	0.70	0.73	0.72	0.74	0.73
南部沿海								
福建省	0.75	0.76	0.75	0.76	0.74	0.75	0.73	0.72
广东省	0.63	0.65	0.64	0.65	0.65	0.65	0.67	0.66
海南省	0.74	0.74	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75
均值	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71
黄河中游								
山西省	0.70	0.70	0.74	0.73	0.69	0.71	0.71	0.71
内蒙古自治区	0.73	0.74	0.73	0.75	0.68	0.69	0.76	0.74
河南省	0.60	0.58	0.58	0.58	0.59	0.57	0.56	0.60
陕西省	0.64	0.63	0.64	0.63	0.64	0.63	0.65	0.62
均值	0.67	0.66	0.67	0.67	0.65	0.65	0.67	0.66
长江中游								
安徽省	0.67	0.66	0.67	0.67	0.70	0.65	0.67	0.68
江西省	0.62	0.63	0.63	0.63	0.64	0.61	0.63	0.62
湖北省	0.60	0.61	0.58	0.59	0.61	0.60	0.62	0.64
湖南省	0.67	0.69	0.69	0.70	0.70	0.68	0.70	0.66
均值	0.64	0.65	0.64	0.65	0.66	0.63	0.65	0.65
西南地区								
广西壮族自治区	0.76	0.76	0.69	0.69	0.69	0.65	0.67	0.63
重庆市	0.72	0.72	0.69	0.68	0.68	0.67	0.68	0.67
四川省	0.64	0.63	0.68	0.66	0.67	0.63	0.62	0.61
贵州省	0.77	0.77	0.75	0.74	0.74	0.70	0.71	0.68

云南省	0.69	0.69	0.69	0.70	0.69	0.66	0.71	0.70
均值	0.72	0.71	0.70	0.69	0.69	0.66	0.68	0.66
大西北地区								
西藏自治区	-	-	0.82	0.82	0.81	0.81	0.82	0.81
甘肃省	0.71	0.69	0.71	0.69	0.72	0.70	0.69	0.69
青海省	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79	0.78	0.79	0.79
宁夏回族自治区	0.79	0.79	0.79	0.78	0.75	0.75	0.77	0.75
新疆维吾尔自治区	0.73	0.75	0.75	0.73	0.73	0.74	0.77	0.74
均值	0.76	0.76	0.77	0.76	0.76	0.76	0.77	0.76
全国	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.68	0.69	0.68

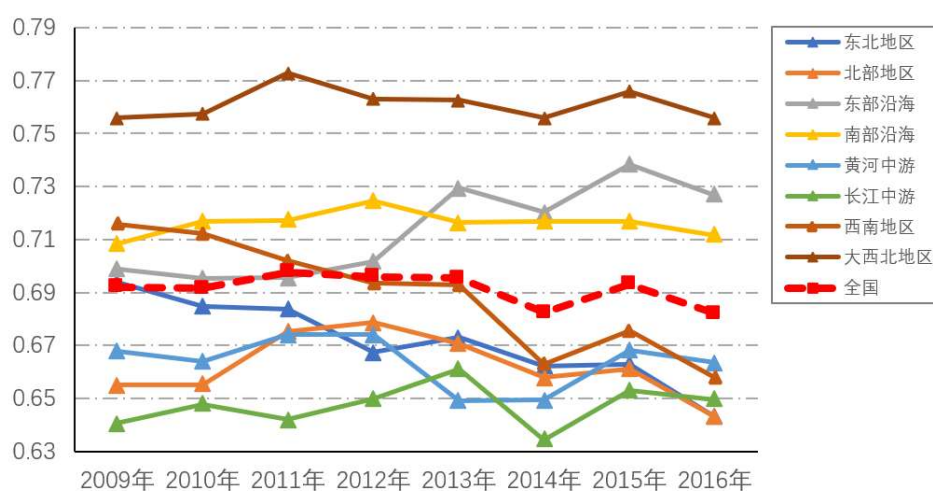


图4 2009-2016年八大经济区域的系统耦合度

综合图4及表12，可得如下结论：

①从全国范围上看，我国整体上经济高质量发展系统与高等教育系统在2009-2016年的耦合度分别为0.69，0.69，0.70，0.70，0.70，0.68，0.69，0.68，2009-2013年稳定在0.69附近，2013-2016年浮动比率较大，但也控制在1.289%以内。耦合度整体水平稳定，耦合度整体较强，说明我国经济高质量发展系统与高等教育系统有着较高的关联关系。

②从八大经济区域来看，经济发达的南部沿海、东部沿海地区耦合度在0.72左右，高于全国平均水平；经济落后的大西北地区耦合度在0.76左右，远高于全国平均水平；其余地区的耦合度低于全国平均水平，但仍有0.66左右的耦合度，有较强的相关关系。

由此可得，我国发达地区与不发达经济高质量发展水平和高等教育发展水

平高度耦合，而中等发展程度的地区耦合度相对较低。

五、结论与建议

一、在考虑非期望产出的 SBM-undesirable 模型全要素生产率的测算中，后十名的省级行政区分别是新疆维吾尔自治区、天津市、黑龙江省、江西省、贵州省、青海省、安徽省、陕西省、山西省、甘肃省十省。可以看出，后十名中有位于中南山区的，像江西省、贵州省，因地形条件限制，这些省份的工业发展水平较差，经济发展比较粗放，全要素生产率排名较低也在意料之中；有位于中西部地区的，像青海省、山西省、甘肃省、新疆维吾尔自治区，这些省份位于中西部干旱地区，环境恶劣，人才流失严重，虽有西部大开发这种国家战略的支持，但仍不能从根本上扭转其经济发展质量低下，效率低的颓势；有位于东北三省的黑龙江，东三省虽然是我国的重工业基地，但是也伴随着产能利用率低下，经济结构不合理等突出问题。

在 SBM-undesirable 模型全要素生产率的排名中，东部沿海省份中，除了个别身份外，排名都比较理想。

二、利用空间马尔可夫链，并考虑不同地区的空间滞后效应分析经济高质量发展的趋同效应中，可以看出若某省市与全要素生产率较低的省市为邻，则其向上转移会受到抑制，向下转移的可能性将提高，而若是以农业生态效率较高的省市为邻，则会受到邻近省市正辐射作用，向上转移的可能性将提高，即“俱乐部收敛”。

因此，一个区域的经济会带动它周围地区的经济高质量发展，周围地区的发展反过来又会促进此地区的经济以更高的质量发展。如此的正反馈调节，会使一个地区的经济出现趋同相似性，我们的长江经济带等八大经济带的形成就充分说明了这一点。

三、在利用熵权法对各省高等教育发展水平的测度中，排名前七的省份为北京市、天津市、上海市、陕西省、江苏省、广东省、浙江省。可以看出，前七名中基本为经济发展水平高，人口密集的东部省份。后七名分别是四川省、广西壮族自治区、云南省、宁夏回族自治区、贵州省、青海省、西藏自治区。可以看出，后七名中全部位于中西部的偏远省份，这些省份经济发展水平第，教育落后，人才严重流失，高等教育水平自然比较低下。

四、在对经济高质量发展和高等教育发展水平的耦合分析中。从全国范围上看，我国整体上经济高质量发展系统与高等教育系统在 2009-2016 年的耦合度分别为 0.69, 0.69, 0.70, 0.70, 0.70, 0.68, 0.69, 0.68, 2009-2013 年稳定

在 0.69 附近，2013-2016 年浮动比率较大，但也控制在 1.289%以内。耦合度整体水平稳定，耦合度整体较强，说明两系统在我国国内有着较高的关联关系。

从八大经济区域来看，经济发达的南部沿海、东部沿海地区耦合度在 0.72 左右，高于全国平均水平；经济落后的大西北地区耦合度在 0.76 左右，远高于全国平均水平；其余地区的耦合度低于全国平均水平，但仍有 0.66 左右的耦合度，有较强的相关关系。由此可得，我国发达地区与不发达经济高质量发展水平和高等教育发展水平高度耦合，而中等发展程度的地区耦合度相对较低。

综上，为了促进一个地区经济的高质量发展，应该大力发展当地的教育，尤其是高等教育，用优质的高等教育吸引高端人才的入住，并给这些高端人才提供优质的政策支持和帮助，形成一个经济高质量发展的中心点，进而带动周围地区的经济高质量发展，从而形成一个区域性的经济区，完成区域经济高质量发展的蜕变。

参考文献

- [1]刘瑞娜. 中国经济高质量发展问题研究[J/OL]. 河南工业大学学报(社会科学版), 2019(03):32-38+51[2019-06-22].
- [2]李英杰, 朱省娥. 论高校教育地方化对地方经济发展的作用[J]. 商业时代, 2008(18):61-62.
- [3]胡溪, 张伟, 李永源, 刘洁. 高质量绿色发展形势下环境统计的问题与建议[J]. 中国环境管理, 2018, 10(06):75-78+86.
- [4]董春风. 基于 SBM-Malmquist 模型的中国经济高质量发展测度及驱动因素研究[A]. 中国统计教育学会. 2018年(第六届)全国统计建模大赛论文集[C]. 中国统计教育学会:中国统计教育学会, 2018:18.
- [5]王振华, 孙学涛, 李萌萌, 江金启. 中国县域经济的高质量发展——基于结构红利的视角[J]. 软科学:1-9.
- [6]华坚, 胡金昕. 中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(08):19-27.
- [7]师博, 张冰瑶. 全国地级以上城市经济高质量发展测度与分析[J]. 社会科学, 2019(03):19-27.
- [8]高睿璇, 刘刚, 毛美玲. 高质量发展背景下山东省全要素生产率的研究——理论机理和实证检验[J]. 华东经济管理, 2019, 33(05):20-25.
- [9]郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算:1979—2004[J]. 经济研究, 2005(06):51-60.
- [10] Kaoru Tone. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3).
- [11] 钟彦琰. 中国城市高质量发展的空间格局演变及影响因素分析——基于全国 285 个地级市的实证研究[A]. 中国统计教育学会. 2018 年(第六届)全国统计建模大赛论文集[C]. 中国统计教育学会:中国统计教育学会, 2018:22.
- [12] 陶晓红, 齐亚伟. 中国区域经济时空演变的加权空间马尔可夫链分析[J]. 中国工业经济, 2013(05):31-43.
- [13]侯孟阳, 姚顺波. 1978-2016 年中国农业生态效率时空演变及趋势预测

[J]. 地理学报, 2018, 73(11):2168-2183.

[14]刘思明, 张世瑾, 朱惠东. 国家创新驱动动力测度及其经济高质量发展效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(04):3-23.

[15]王喜峰, 李富强. 经济安全、高质量发展与水资源承载力关系研究[J]. 价格理论与实践, 2019(01):22-26.

[16]刘云生. 经济转向高质量发展阶段:教育怎么办[J]. 教育发展研究, 2018, 38(11):1-10.

[17]段婕, 孙明旭. 高技术产业、传统产业与区域经济三系统耦合协调度实证研究[J/OL]. 科技进步与对策:1-10[2019-06-27].

[18]姜彤彤, 科研机构绩效评估模型及应用研究——基于平衡计分卡和熵权理论, 行政事业资产与财务, 2013年01期.

附 录

附录一：熵权法的 matlab 代码

```
function [s,w]=shang(x,ind)

[n,m]=size(x);

for i=1:m

    if ind(i)==1

        X(:,i)=guiyi(x(:,i),1,0.002,0.996);

    else

        X(:,i)=guiyi(x(:,i),2,0.002,0.996);

    end

end

for i=1:n

    for j=1:m

        p(i,j)=X(i,j)/sum(X(:,j));

    end

end

k=1/log(n);

for j=1:m

    e(j)=-k*sum(p(:,j).*log(p(:,j))));

end

d=ones(1,m)-e;

w=d./sum(d);

s=100*w*X';
```

```

function y=guiyi(x,type,ymin,ymax)

[n,m]=size(x);

y=zeros(n,m);

xmin=min(x);

xmax=max(x);

switch type

    case 1

        for j=1:m

            y(:,j)=(ymax-ymin)*(x(:,j)-xmin(j))/(xmax(j)-xmin(j))+ymin;

        end

    case 2

        for j=1:m

            y(:,j)=(ymax-ymin)*(xmax(j)-x(:,j))/(xmax(j)-xmin(j))+ymin;

        end

end
end

```

附录二：耦合分析 matlab 代码

```
c=[];
for i=68:75
    pol=xlsread('经济高质量发展指标.xls','工业污染治理投资');
    gdp=xlsread('经济高质量发展指标.xls','【产出】地区生产总值');
    rd=xlsread('经济高质量发展指标.xls','工业企业 R&D 经费');
    fin=xlsread('经济高质量发展指标.xls','地方财政支出');
    sal=xlsread('经济高质量发展指标.xls','就业人员工资总额');
    fix=xlsread('经济高质量发展指标.xls','全社会固定资产投资');
    wat=xlsread('经济高质量发展指标.xls','【非期望】废水');
    gas=xlsread('经济高质量发展指标.xls','【非期望】废气');
    hiq=[gdp,pol,rd,fin,sal,fix,wat,gas];
    stu=xlsread('地区高等教育水平.xls','普通高等学校招生数(万人)');
    tea=xlsread('地区高等教育水平.xls','普通高等学校教职工总数(万人)');
    mon=xlsread('地区高等教育水平.xls','教育经费(万元)');
    edu=[stu,tea,mon];
    for m=1:6
        hiq(:,m)=(hiq(:,m)-min(hiq(:,m)))/(max(hiq(:,m))-min(hiq(:,m)));
    end
    for m=7:8
        hiq(:,m)=(max(hiq(:,m))-hiq(:,m))/(max(hiq(:,m))-min(hiq(:,m)));
    end
end
```



```

for m=1:3
    edu(:,m)=(edu(:,m)-min(edu(:,m)))/(max(edu(:,m))-min(edu(:,m)));
end
for l=1:8
    for j=1:3
        a=abs(hiq-edu(j));
        nmin=min(min(a&apos;));
        nmax=max(max(a&apos;));
        for k=1:31
            rou(l,j,k)=(nmin+0.5*nmax)/(abs(hiq(k,l)-edu(k,j))+0.5*nmax);
        end
    end
end
for k=1:31
    d(k)=mean(mean(rou(:, :, k)));
end
c=[c;d];
end
xlswrite(&apos;test2.xls&apos;,c);

```

致 谢

本篇论文是在我们的导师郭尧琦老师的悉心指导下完成的。从选题方向与选题角度，到论文写作方法，郭老师都给予了我们极大的帮助。在此，谨向郭老师致以诚挚的谢意。

在此，我们还要感谢徐琼学姐，她对我们耐心细致的指导使得我们较为深入地了解了一些当前研究中使用的方法。

最后，我们还要感谢方秋莲老师，王志忠老师等老师，在我们大一大二期间让我们获得了丰富的专业知识。

是这些富有高度责任心的老师，热心助人的学长学姐以及亲爱的同学们，才让我们在学习中不断奋勇向前！